

ATT

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-121637

(P2003-121637A)

(43) 公開日 平成15年4月23日 (2003.4.23)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	データベース (参考)
G 0 2 B 5/28		G 0 2 B 5/28	2 H 0 4 8

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2001-319865 (P2001-319865)

(22) 出願日 平成13年10月17日 (2001.10.17)

(71) 出願人 000004008

日本板硝子株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目7番28号

(72) 発明者 園定 照房

大阪府大阪市中央区北浜4丁目7番28号

日本板硝子株式会社内

(72) 発明者 新井 大介

大阪府大阪市中央区北浜4丁目7番28号

日本板硝子株式会社内

(74) 代理人 100069084

弁理士 大野 精市

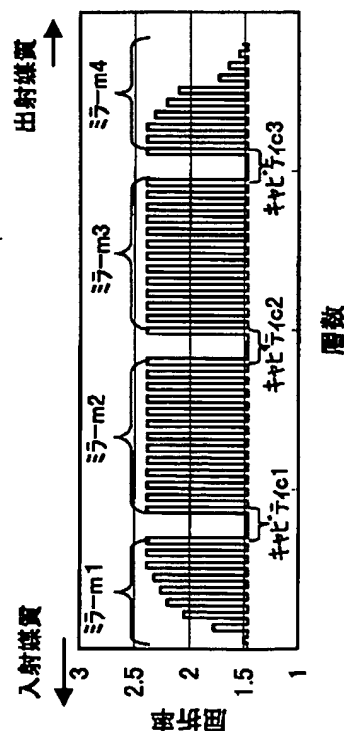
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ファブリペローフィルタ

(57) 【要約】

【課題】 複数の誘電体多層膜ミラー層とキャビティ層から構成させるファブリペローフィルタの透過帯の透過率を高くかつ透過帯内で一定にし、同時に透過帯と不透過帯の境界部のスペクトルを急峻に保つことは困難であった。

【解決手段】 フィルタ両端のミラーの反射率を、その他のミラーの反射率より低くし、とくにフィルタ中央部のミラーの反射率をもっとも高く、フィルタ両端に向かって順に低くなるようにする。さらに誘電体多層膜を構成する高屈折率材料および低屈折率材料のいずれか一方、または両方を2種類以上の屈折率を有する材料とする。またキャビティ層の光学厚みはいずれも半波長の整数倍とし、キャビティ層の厚みはフィルタ両端を最も厚くする。



BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項1】透明基体上に、高屈折率材料および低屈折率材料からなる薄膜を交互に積層して形成した誘電体多層膜ミラーを3層または4層積層し、前記各ミラー間にそれぞれ一定の屈折率を有するキャビティ層を挿入して構成されたファブリペローフィルタにおいて、該フィルタ両端部のミラーの反射率が、その他のミラーの反射率より低くなっていることを特徴とするファブリペローフィルタ。

【請求項2】透明基体上に、高屈折率材料および低屈折率材料からなる薄膜を交互に積層して形成した誘電体多層膜ミラーを5層以上積層し、前記各ミラー間にそれぞれ一定の屈折率を有するキャビティ層を挿入して構成されたファブリペローフィルタにおいて、前記各ミラーの反射率が、前記フィルタ中央部でもっとも高く、フィルタ両端に向かって順に低くなっていることを特徴とするファブリペローフィルタ。

【請求項3】前記交互に積層された誘電体多層膜を構成する高屈折率材料または低屈折率材料のいずれか一方、または両方が、フィルタ全体を通じて、2種類以上の屈折率の異なる材料であることを特徴とする請求項1または2記載のファブリペローフィルタ。

【請求項4】前記交互に積層された誘電体多層膜を構成する高屈折率材料または低屈折率材料のいずれか一方、または両方が、少なくともいずれか1つのミラー内において、2種類以上の屈折率の異なる材料であることを特徴とする請求項1または2記載のファブリペローフィルタ。

【請求項5】前記キャビティ層の光学厚みが $\lambda/2$ の整数倍であり、かつフィルタ両端のキャビティ層の厚みが最も厚くなっていることを特徴とする請求項2記載のファブリペローフィルタ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は光学干渉フィルタに関し、とりわけ波長多重光通信に使用されるファブリペローフィルタに関する。

【0002】

【従来の技術】近年、光ファイバを使った光通信が急速に普及しているが、とくに1本の光ファイバで伝送できる通信容量を増加させる目的で、波長分割多重(WDM、Wavelength Division Multiplexing)光通信が注目されている。このWDM方式では、特定の波長成分を分波する分波素子が必須であるが、誘電体多層膜で構成される光学干渉フィルタが簡便な分波素子として多用されている。ファブリペローフィルタは反射層とキャビティ層を交互に積層した光学干渉フィルタとして知られている。

【0003】WDM光通信で用いられる分波素子には、数nmの波長間隔で多重化された光を分離できる波長分

離性能が要求される。したがってファブリペローフィルタにおいては、その透過帯と不透過帯の境界が急峻であることが好ましい。また当然ながら、信号光の強度を損失しないように、透過帯内での透過率は100%に近いことが望まれる。

【0004】さらに、WDM光通信のデータ伝送光に使用される光の中心波長が変動した場合でも安定した出力が得られることが重要である。そのため、ファブリペローフィルタの透過帯は透過率が波長に依らず一定であることが好ましい。とくに、CWDM(Course Wavelength Division Multiplexing)では、1信号光当たりの波長幅が約2.0nm程度であり、透過帯内の広い波長範囲で透過率が一定であることが信号の安定性の観点から重要である。

【0005】誘電体多層膜で構成するファブリペローフィルタの透過帯の透過率を波長に依らず一定にするための方法として、特開2000-9928号公報に示されるような方法が知られている。この方法は、フィルタ両端部のミラー部において高屈折率層と低屈折率層の屈折率差を小さくして反射率を低下させ、かつフィルタ外側の媒質とミラー部の間を段階的に屈折率のマッチングをとるものである。

【0006】また、ファブリペローフィルタの透過帯の透過率を波長に依らず一定にするための他の方法として、Applied Optics、23巻、2号、193頁(1984年)に示されるように、フィルタ端部に近いキャビティ層の厚みを中央部のキャビティ層の厚みより薄くする方法も知られている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】上記、特開2000-9928号公報に開示されている方法では、キャビティ層の数が3以下の場合には透過帯の透過率を波長に対して完全に一定にすることができ、かつ透過率を100%にすることが可能である。ところが、キャビティ層の数が4以上の場合には、透過帯の透過率を一定にすることは不可能である。

【0008】また、この手法では、キャビティ層の数が3以下の場合、透過帯の透過率を99%以上で一定に保つように各層の屈折率を調整すると、透過帯と不透過帯の境界部の急峻性は損なわれ、ある信号光と波長が隣接する他の信号光の分離性能が劣化する問題点がある。

【0009】一方、Applied Optics、23巻、2号、193頁(1984年)に示される手法では、透過帯の透過率を完全に一定にすることは不可能であり、透過帯に干渉リブプルが存在する。

【0010】本発明は上記の問題点を解決するため、キャビティ層の数が如何なる場合においても、透過帯の透過率がほぼ100%で一定であり、かつ透過帯と不透過帯の境界部の急峻性に優れるファブリペローフィルタを実現することを目的になされたものである。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明のファブリペローフィルタは、透明基体上に、高屈折率材料膜と低屈折率材料膜を交互に積層した誘電体多層膜ミラーを3層以上積層し、各ミラー間に一定の屈折率材料からなるキャビティ層を挿入して形成する。

【0012】誘電体多層膜ミラーが3層または4層積層されている場合には、フィルタ両端のミラーの反射率を、その他のミラーの反射率より低くする。

【0013】また、誘電体多層膜ミラーを5層以上積層されている場合には、各ミラーの反射率を、フィルタ中央部でもっとも高く、フィルタ両端に向かって順に低くなるようにする。

【0014】さらに各ミラーを形成している交互に積層された誘電体多層膜を構成する高屈折率材料および低屈折率材料のいずれか一方、または両方が、フィルタ全体を通じて異なる2種類以上の屈折率を有する材料であることが望ましい。さらに、同材料のいずれか一方、もしくは両方が、少なくともいずれか1つのミラー内において異なる2種類以上の屈折率を有する材料であることが望ましい。

【0015】またキャビティ層の光学厚みはいずれも $\lambda/2$ の整数倍とするが、キャビティ層の厚みはフィルタ両端が最も厚いことが望ましい。

【0016】上記本発明の構成からなるファブリペローフィルタによって、透過帯の透過率は少なくとも98%以上で一定である特性が実現できる。さらにこの透過率を保ちつつ透過帯と不透過帯の境界を急峻にすることができる。

【0017】

【発明の実施の形態】本発明のファブリペローフィルタは、光学膜厚が $\lambda/4$ である高屈折率の透明誘電体膜と光学膜厚が $\lambda/4$ である低屈折率の透明誘電体膜を交互に積層した誘電体多層膜ミラーが3層以上積層され、それらのミラー間に光学膜厚が $\lambda/2$ の整数倍であるキャビティ層がそれぞれ挿入された構成を有している。

【0018】本発明は、この構成により、光学フィルタとしての特性を、透過帯の透過率が98%以上、好ましくは99%以上、さらに好ましくは99.5%以上で一定であるようにすることを目的としてなされた。さらにこの透過特性を維持しつつ、透過帯と不透過帯の境界を急峻にすることを目的としている。このような本発明の目的は、キャビティ層の厚みおよび各誘電体多層膜ミラーの反射率の好ましい範囲が存在することを見出すことにより達成された。

【0019】本発明の目的のためには、ファブリペローフィルタを構成する誘電体多層膜ミラー部の反射率を制御する技術が重要である。ミラー部の反射率を制御する方法として、高屈折率層と低屈折率層の積層数を変える方法がある。しかし、この方法のみでは、積層数の増減

に伴う反射率の変化が不連続であり、反射率を透過帯の透過率を一定にするために必要な値に調整することは実質上不可能である。

【0020】この他、ミラー部の反射率を低減させる方法として、周囲媒質と誘電体多層膜ミラーの界面、あるいは基体と誘電体多層膜ミラーの界面に高屈折率層と低屈折率層からなるマッチング層と呼ばれる3層あるいは5層の積層構造を挿入する方法も知られている。しかし、この方法のみでは、反射率を任意に変更することは困難であり、透過帯の透過率を一定にするために必要な反射率に調整することは不可能である。

【0021】本発明は、波長の $1/50$ 以下程度の非常に薄い膜厚の薄膜を形成し、これらの極薄膜を2種類以上使用して超多層膜構造にすることにより、波長の $1/50$ 以下の膜厚の薄膜で形成される層の屈折率が見かけ上、自在に制御できる技術を利用することによりなされた。この超多層膜構造の見かけ上の屈折率は、これを構成する材料の屈折率の上限および下限がそれぞれ上限および下限となる。したがって、超多層膜構造の見かけ上の屈折率は、これを構成する材料の屈折率より高くすることも、低くすることもできず、用いる材料の屈折率の範囲内となるという制限を有する。

【0022】なお、超多層膜構造を構成する薄膜が非常に薄くなった場合には、各層を分離して観察することは不可能となり、実質上は2種材料の混合材料、あるいは3種以上の混合材料とみなすことができる。さらに、成膜原料の段階、すなわちスパッタリングターゲットあるいは蒸着材料などに混合材料を使用し、屈折率の調整を行ってもよい。

【0023】本発明に使用できる材料としては、 TiO_2 、 Nb_2O_5 、 Ta_2O_5 、 SiO_2 、 MgF_2 、 Si など、設計波長において透明な材料であれば、特に限定されるものではない。また、混合される材料の種類は、2種類以上であれば限定されるものではない。

【0024】本発明は、マトリックス法と呼ばれる計算手法を用いた光学薄膜シミュレーションを用いてなされた。マトリックス法は、基体および周囲媒質および膜材料の屈折率、消衰係数、膜厚を与えることにより、系の反射率、透過率が算出できる方法である。

【0025】本発明のファブリペローフィルタ構造の概念図と各部の名称を図1に示す。光がフィルタに入射する入射媒質側からミラー $m1$ 、キャビティ $c1$ 、ミラー $m2$ 、キャビティ $c2$ 、・・・、キャビティ $c(X-1)$ 、ミラー mX 、光がフィルタから出射する出射媒質（図1は $X=4$ の例である）の順に構成されており、ミラー層は、光学膜厚がともに $\lambda/4$ である高屈折率膜と低屈折率膜を交互に積層することにより構成されている。また、キャビティ層の光学厚みは、 $\lambda/2$ の整数倍である。

【0026】実際のフィルタが接する媒質はフィルタ両

側で異なる場合も多い。例えば、フィルタは透明基体上に形成されるのが一般的だが、他の側は空気に接した状態で使用される場合にこのような状態となる。以下に述べるように、フィルタ両端のミラーの反射率はフィルタ両端の媒質の屈折率によって影響されるので、フィルタの設計はフィルタ両端が接する媒質の屈折率を考慮して行う必要がある。そこで、フィルタが接する媒質の一方（ミラーm1側）を入射媒質、他方（ミラーmX側）を出射媒質と呼んで区別する。もちろん、フィルタへの光の入出射はいずれの方向から行ってもフィルタの光学特性は変化しない。

【0027】本発明で規定している各ミラー層の反射率を計算する際の構成図を図2に示す。ミラーm1の反射率は、ミラーm1が入射媒質とキャビティc1と同等の屈折率を有する媒質に挟まれている場合における反射率と定義する。出射媒質側のミラーmXについても同様に定義する。また、ミラーm2の反射率は、ミラーm2がキャビティc1と同等の屈折率を有する媒質とキャビティc2と同等の屈折率を有する媒質に挟まれている場合における反射率と定義する。ミラーm3からミラーm(X-1)についても同様に定義する。

【0028】本発明では、透過帯と不透過帯の境界部のスペクトル急峻性は、透過率が93.3%以上である透過帯の波長範囲と透過率が50.1%以上である透過帯の波長範囲の差で評価している。加えて、透過率が93.3%以上である透過帯の波長範囲と透過率が3.3%以上である透過帯の波長範囲の差で評価している（図3に示す透過特性の概念図参照）。以下に本発明の実施例を図に基づいて説明する。

【0029】[実施例] 図4～18は本発明のファブリペローフィルタの実施例1～15について、(a)はそれぞれの誘電体多層膜の積層構造、すなわち各膜の屈折率と膜厚の構成を示している。また、(b)はそれぞれの透過スペクトルを示している。これらの各フィルタにおける誘電体多層膜ミラーの反射率を表1に示す。なお、両端のミラーの反射率は、入射媒質の屈折率を1.00（空気）、出射媒質の屈折率を1.52（ガラス基板）として計算した。ただし実施例4のみは入射媒質の屈折率と出射媒質の屈折率をともに、1.52とした。

【0030】つぎに各実施例の層構造、特性の特徴を説明する。実施例1（図4）はミラー層が3層で、両側のミラーm1, m3の反射率が中央のミラーm2の反射率より低く設計されている。実施例2～4（図5～7）はミラー層が4層の場合の例で、中央2層のミラーm2, m3の反射率に比べて両端のミラーm1, m4の反射率が低くなっている。

【0031】実施例4は誘電体多層膜ミラーを構成する膜材料のうち低屈折率材料は1種類のみ使用している。高屈折率材料は2種類使用しているが、各ミラー内では1種類のみとしている。キャビティ層は上記低屈折率材

料を使用している。

【0032】実施例3は実施例4同様に誘電体多層膜ミラーを構成する膜材料のうち低屈折率材料は1種類のみ使用しているが、高屈折率材料の屈折率は両端のミラーm1, m4で連続的に変化させている。実施例2は加えてミラーm1, m4で低屈折率材料の屈折率も合わせて連続的に変化させている。実施例1では両端のミラーm1, m3では高屈折率材料、ミラーm3のみ低屈折率材料も連続的に変化させている。

【0033】実施例5, 6（図8, 9）はミラー層が5層、実施例7～15（図10～18）はミラー層が6層の場合をそれぞれ示している。5層の場合は中央のミラーm3の反射率がもっとも高く、m3→m2→m1およびm3→m4→m5の順に低く設計されている。6層の場合は、中央部のミラーm3, m4の反射率がもっとも高く、m3→m2→m1およびm4→m5→m6の順に低く設計されている。

【0034】実施例5～10では低屈折率材料は1種類で、高屈折率材料のみ4種類使用しているが、1つのミラー内ではそれぞれ1種類のみとしている。一方、実施例11, 12は高屈折率材料が1種類で、低屈折率材料のみ4種類使用（1つのミラー内ではそれぞれ1種類のみ使用）した例を示している。実施例11ではキャビティ層としてミラー層の屈折率のもっとも低い低屈折率材料を使用し、実施例12では高屈折率材料を使用している。

【0035】さらに実施例13は両端のミラーm1, m6の、実施例14は中央部のミラーm3, m4の高屈折率材料の屈折率を連続的に変化させた例、実施例15は両端のミラーm1, m6の低屈折率材料の屈折率を連続的に変化させた例である。

【0036】また、キャビティ層の厚みは、実施例1～5, 7では全層一定である。実施例6, 8, 11, 12は中央部で最も厚くなっている例で、うち、実施例8は、両端に向かって順に薄くなっている。逆に実施例9, 10, 13～15は両端部が最も厚くなっている例で、うち、実施例9, 13, 15は中央に向かって順に薄くなっている。

【0037】何れの場合でも、各図(b)に示すように、透過率は98.5%以上であり、一定であることが分かる。特に、実施例3、実施例13を除く他の例では、透過率は99.5%以上で一定である。

【0038】透過帯と不透過帯の境界部でのスペクトル急峻性を評価した結果を表1の右側の欄に示す。ミラーおよびキャビティ層の積層数、ミラーの反射率がそれぞれ等しい実施例7～9についてみると、フィルタ中央のキャビティ層がもっとも薄く、フィルター両端に向かって厚くなっている実施例9の場合が、透過帯と不透過帯の境界部でのスペクトル急峻性が増していることがわかる。

【0039】透過帯と不透過帯の境界部でのスペクトル急峻性は、ミラー層およびキャビティ層の積層数に依存し、積層数が多いほど急峻になることが知られている。さらに、透過帯と不透過帯の境界部でのスペクトル急峻性は、ミラーの反射率にも依存し、ミラーの反射率が高いほど急峻になることが知られている。しかし、実施例7～9は、ミラーおよびキャビティ層の積層数、ミラーの反射率がすべて同じであり、キャビティ層の厚み選定の違いにより、透過帯と不透過帯の境界部でのスペクトル急峻性が異なることを示している。

【0040】さらに、透過帯と不透過帯の境界部でのスペクトル急峻性は各キャビティ層の厚みの和に依存し、各キャビティ層の厚みの和が大きいほど急峻になることが知られている。実施例8と10を比較すると、実施例8、10ともに各キャビティ厚の和は $\lambda/4$ の20倍である。したがって、両者の透過帯と不透過帯の境界部のスペクトル急峻性は同等になると予想できるが、実際には実施例10の方が透過帯と不透過帯の境界部でのスペクトル急峻性は優れる。

【0041】また、実施例15のようにキャビティ層の厚みが中央部から順に変化していない場合でも、フィルタ両端のキャビティ層が厚ければ、スペクトル急峻性が優れていることがわかる。

【0042】〔比較例〕本発明の比較例1～5のフィルタの膜積層構造を図19～23に示す。これらの各フィルタにおける誘電体多層膜ミラーの反射率を表2に示す。各比較例では、実施例同様に入射媒質の屈折率は1.00（空気）であり、出射媒質はガラス基板であり屈折率は1.52である。

【0043】比較例1（図19）は、ミラー層が3層の例で、透過帯の透過率に干渉リップルが存在する。比較例1では、フィルタ両端部のミラー m_1 、 m_3 の反射率が、中央のミラー m_2 の反射率より低くなっているが、ミラーを構成する高低屈折率材料の屈折率は各1種類である。これでは、透過帯から干渉リップルを除外できるように、各ミラーの反射率を調整することが困難である。

【0044】比較例2（図20）はミラー層が6層の例で、フィルタ両端部のミラー m_1 、 m_6 の反射率のみが、その他のミラー $m_2 \sim m_5$ の反射率より低くなっており、かつ、キャビティ層の厚みがフィルタの両端部より中央部で厚くなっている。これは、従来知られているバンドパスフィルタの透過帯の透過率を平坦化する手法である。しかし、この方法では効果が不十分であり、透過帯に干渉リップルが存在する。

【0045】比較例3（図21）は、フィルタ両端部に屈折率傾斜層が付与されている点に特徴があり、特開2000-9928号公報で開示されている透過帯の透過率を平坦化するための手法である。この方法に依れば、透過帯の透過率を平坦化することが可能であることが分

かる。しかし、透過帯と不透過帯の境界部でのスペクトルの急峻性は、透過率が93.3%のバンド幅と透過率が3.3%のバンド幅の差が0.90nmと広い。実施例2の各ミラーの反射率は、比較例3の各ミラーの反射率とほぼ等しく、実施例2、比較例3のいずれの場合もキャビティ層数は3層であり、実施例2、比較例3のいずれのキャビティ厚も、 $\lambda/2$ であり同じである。しかしながら、実施例2では、透過率が93.3%のバンド幅と透過率が3.3%のバンド幅の差が0.76nmと比較例3のそれよりも狭いことが分かる。

【0046】比較例4（図22）では入射媒質（空気）とフィルタの界面部に3層構成の追加の層を設けている。追加層の各3層の膜厚は $\lambda/4$ から外れて、透過帯の透過率を平坦化するために最適化した膜厚である。しかし、透過帯には干渉リップルが存在し、十分な効果がないことが分かる。

【0047】比較例5（図23）ではキャビティ層数が4層であり、誘電体多層ミラーが5層存在する全9層構成である。また、フィルタ両端部の誘電体層には高屈折率層、低屈折率層ともに各2材料を用いて反射率を調整しているが、中央部の誘電体多層ミラー部は反射率では高屈折率材料、低屈折率材料ともに1種類であり、誘電体ミラーの反射率について微調整は行っていない。比較例5の透過スペクトルでは透過帯に干渉リップルが存在し、透過率が一定ではないことが明らかである。

【0048】以上のように、本実施例ではファブリペローフィルタの透過帯の透過率を高く保ち、かつ平坦化するため、誘電体多層膜ミラーを3～6層積層した場合について、各ミラーの反射率をフィルタ中央部のミラーに比べて両端部が低くなるように調節している。この調整のため、誘電体多層膜を構成する高屈折率材料または低屈折率材料の屈折率のいずれかをフィルタ全体を通じて2種類以上使用したり、1つのミラー内で高屈折率材料または低屈折率材料の屈折率のいずれかまたは両方を連続的に変化させる方法を採用している。実施例ではミラー層が6層までの場合を説明したが、7層以上の場合にも同様の方法により、透過帯の透過率を平坦化できる。

【0049】上記、透過率の平坦化のための膜構成によって、透過帯と不透過帯の境界部でのスペクトル急峻性が悪化するのを避けなければならない。本発明においては、各誘電体多層膜ミラーの間に設けるキャビティ層の厚みを調整する方法を採用した。このキャビティ層の光学厚みは $\lambda/2$ の整数倍とし、かつフィルタ両端部を厚くするのが透過帯と不透過帯の境界部のスペクトルを急峻にするのに効果がある。ただし実施例にも示した通り、従来知られているようなすべての厚みを等しくしたり、中央部を厚く、両端部を薄くした場合でも、透過帯の透過率が平坦でかつスペクトルの急峻性を確保できる場合もある。

【0050】

【表1】

	ミラー反射率(単位:%)とキャビティ層厚(単位:μm)												バンド幅特性		
	入射波長 μm	ミラー-m1 反射率	ミラー-m1 層厚	ミラー-m2 反射率	ミラー-m2 層厚	ミラー-m3 反射率	ミラー-m3 層厚	ミラー-m4 反射率	ミラー-m4 層厚	ミラー-m5 反射率	ミラー-m5 層厚	ミラー-m6 反射率	ミラー-m6 層厚	50.1%のバンド幅と 93.3%のバンド幅の差/μm	3.3%のバンド幅と 93.3%のバンド幅の差/μm
実施例1	1.00	99.43	2L	100.00	2L	99.10								1.52	0.32
実施例2	1.00	99.00	2L	100.00	2L	100.00	2L	99.04						1.52	0.24
実施例3	1.00	99.18	2L	100.00	2L	100.00	2L	99.09						1.52	0.24
実施例4	1.52	98.98	2L	100.00	2L	100.00	2L	98.98						1.52	0.24
実施例5	1.00	98.88	2L	99.72	2L	99.85	2L	99.72	2L	97.06				1.52	2.5
実施例6	1.00	98.88	2L	99.72	4L	99.84	2L	99.72	2L	97.06				1.52	2.5
実施例7	1.00	98.88	2L	99.74	2L	99.89	4L	99.89	2L	97.74	2L	87.87	1.52	1.58	7.58
実施例8	1.00	98.88	2L	99.77	2L	99.89	4L	99.89	2L	97.74	2L	87.87	1.52	1.7	4.68
実施例9	1.00	98.89	4L	99.64	4L	99.90	2L	99.90	4L	98.64	4L	83.94	1.52	1.12	3.58
実施例10	1.00	98.89	4L	99.73	4L	99.94	2L	99.94	4L	98.73	4L	83.94	1.52	1.38	4.08
実施例11	1.00	98.10	4L	99.67	2L	99.87	4L	99.87	2L	98.67	4L	80.25	1.52	2.04	5.53
実施例12	1.00	78.82	4H	99.61	2H	99.87	4H	99.87	2H	99.61	4H	79.83	1.52	2.14	5.7
実施例13	1.00	98.33	4L	99.64	4L	99.90	2L	99.90	4L	99.64	4L	83.55	1.52	1.08	3.52
実施例14	1.00	98.89	4L	99.64	4L	99.91	2L	99.91	4L	99.64	4L	83.94	1.52	1.14	3.62
実施例15	1.00	98.18	4L	99.64	4L	99.90	2L	99.90	4L	99.64	4L	83.49	1.52	1.14	3.58

キャビティ層: Lは低屈折率層、Hは高屈折率層を意味する。

【0051】

【表2】

	ミラー反射率(単位:%)とキャビティ層厚(単位:μm)												バンド幅特性		
	入射波長 μm	ミラー-m1 反射率	ミラー-m1 層厚	ミラー-m2 反射率	ミラー-m2 層厚	ミラー-m3 反射率	ミラー-m3 層厚	ミラー-m4 反射率	ミラー-m4 層厚	ミラー-m5 反射率	ミラー-m5 層厚	ミラー-m6 反射率	ミラー-m6 層厚	50.1%のバンド幅と 93.3%のバンド幅の差/μm	3.3%のバンド幅と 93.3%のバンド幅の差/μm
比較例1	1.00	98.89	2L	100.00	2L	99.84								1.52	0.34
比較例2	1.00	94.48	2L	99.83	4L	99.83	4L	99.83	2L	99.83	2L	92.08	1.52	0.86	2.80
比較例3	1.00	98.81	4L	100.00	4L	100.00	4L	98.82						1.52	0.30
比較例4	1.00	99.40	2L	100.00	2L	100.00	2L	99.80						1.52	0.18
比較例5	1.00	98.08	2L	99.83	2L	99.83	2L	99.83	2L	99.79				1.52	1.28

【0052】

【発明の効果】本発明によれば、誘電体多層膜ミラーとキャビティ層から構成させるファブリペローフィルタにおいて、透過帯の透過率を高く維持しかつ平坦とすることができ、かつ透過帯と不透過帯の境界部のスペクトルを急峻にすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明のファブリペローフィルタの層構造を示す概念図である。

【図2】 各ミラーの反射率の計算方法を示す図である。

【図3】 バンドパスフィルタの透過特性を示す概念図である。

【図4】 本発明の実施例の(a)層構造および(b)フィルタ特性を示す図である。

【図5】 本発明の他の実施例の(a)層構造および(b)フィルタ特性を示す図である。

【図6】 本発明の他の実施例の(a)層構造および(b)フィルタ特性を示す図である。

【図7】 本発明の他の実施例の(a)層構造および(b)フィルタ特性を示す図である。

【図8】 本発明の他の実施例の(a)層構造および(b)フィルタ特性を示す図である。

【図9】 本発明の他の実施例の(a)層構造および(b)フィルタ特性を示す図である。

【図10】 本発明の他の実施例の(a)層構造および(b)フィルタ特性を示す図である。

【図11】 本発明の他の実施例の(a)層構造および(b)フィルタ特性を示す図である。

【図12】 本発明の他の実施例の(a)層構造および(b)フィルタ特性を示す図である。

【図13】 本発明の他の実施例の(a)層構造および(b)フィルタ特性を示す図である。

【図14】 本発明の他の実施例の(a)層構造および(b)フィルタ特性を示す図である。

【図15】 本発明の他の実施例の(a)層構造および(b)フィルタ特性を示す図である。

【図16】 本発明の他の実施例の(a)層構造および(b)フィルタ特性を示す図である。

【図17】 本発明の他の実施例の(a)層構造および(b)フィルタ特性を示す図である。

【図18】 本発明の他の実施例の(a)層構造および(b)フィルタ特性を示す図である。

【図19】 本発明の比較例の(a)層構造および(b)フィルタ特性を示す図である。

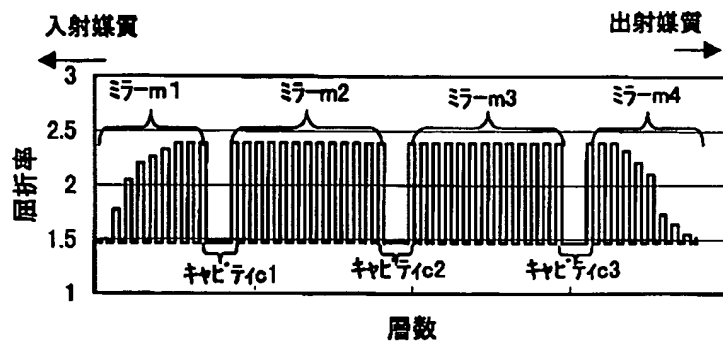
【図20】 本発明の他の比較例の(a)層構造および(b)フィルタ特性を示す図である。

【図21】 本発明の他の比較例の(a)層構造および(b)フィルタ特性を示す図である。

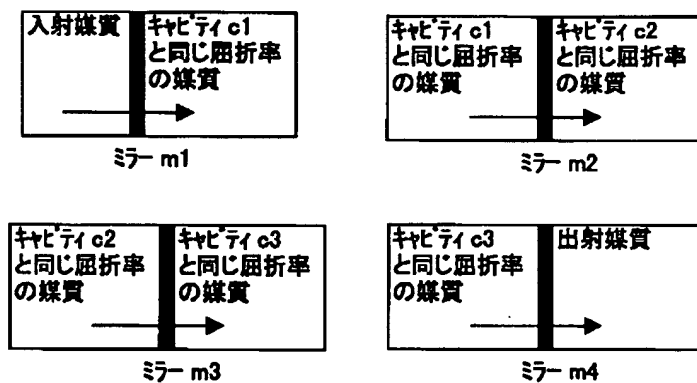
【図22】 本発明の他の比較例の(a)層構造および(b)フィルタ特性を示す図である。

【図23】 本発明の他の比較例の(a)層構造および(b)フィルタ特性を示す図である。

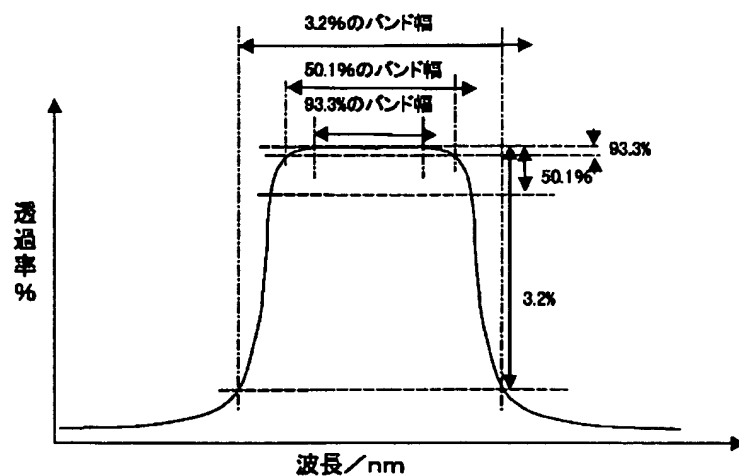
【図1】



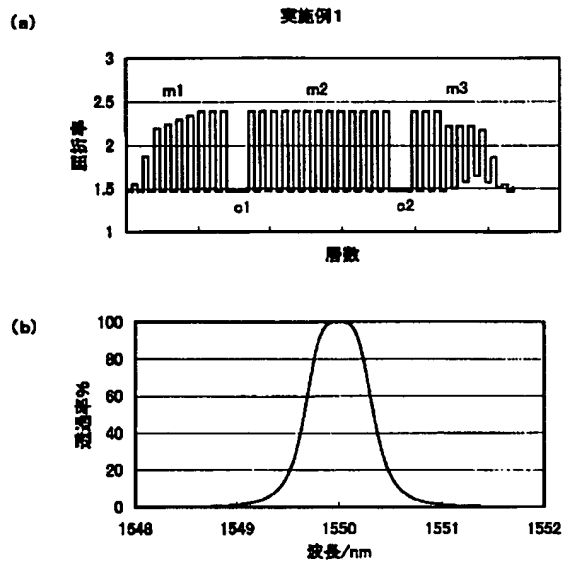
【図2】



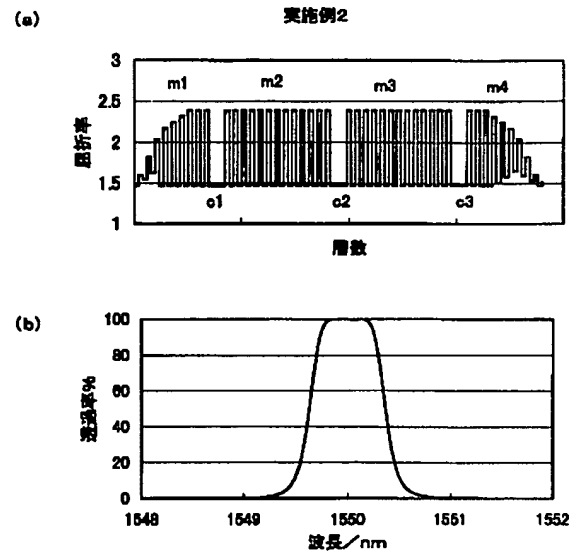
【図3】



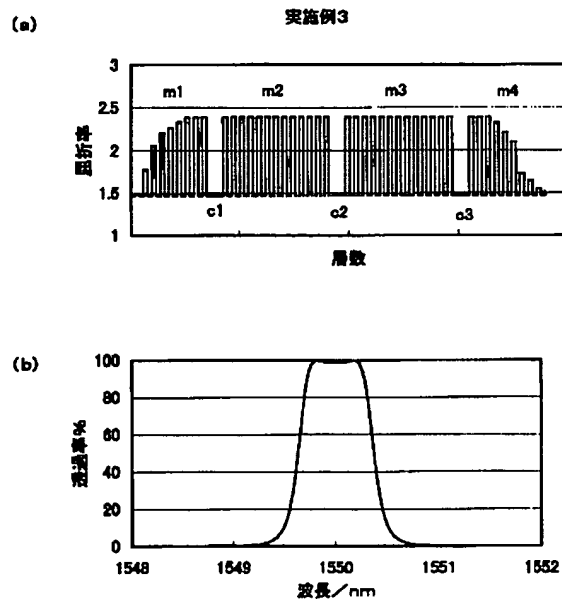
【図4】



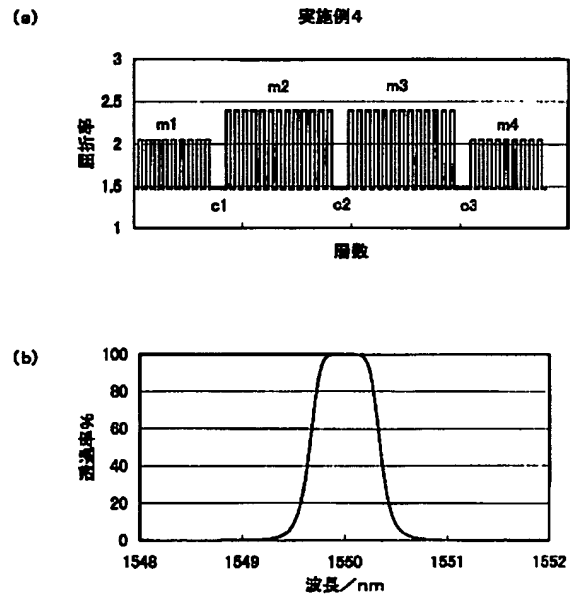
【図5】



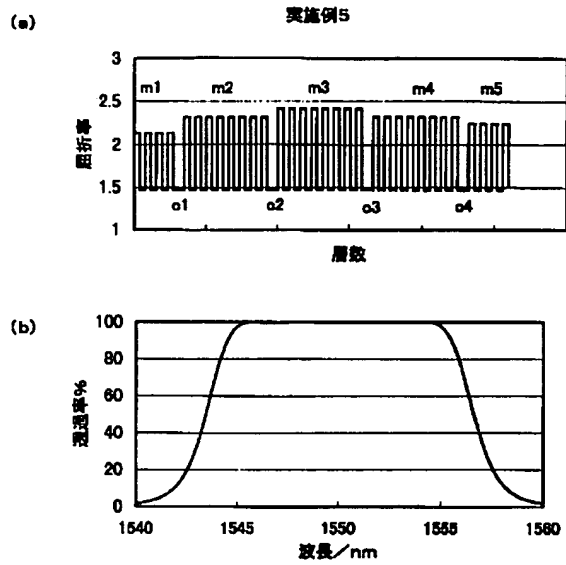
【図6】



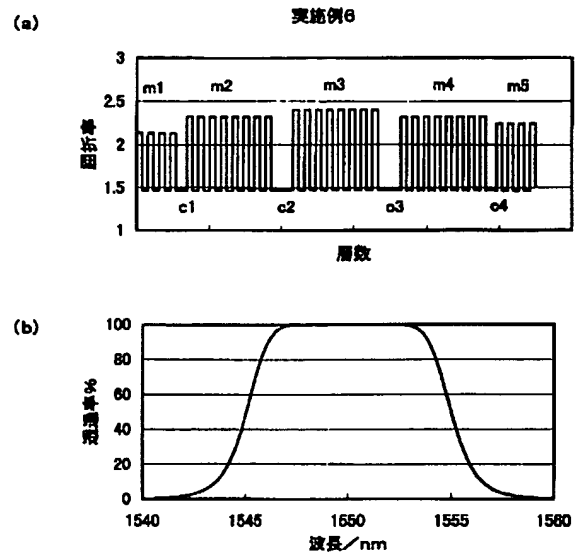
【図7】



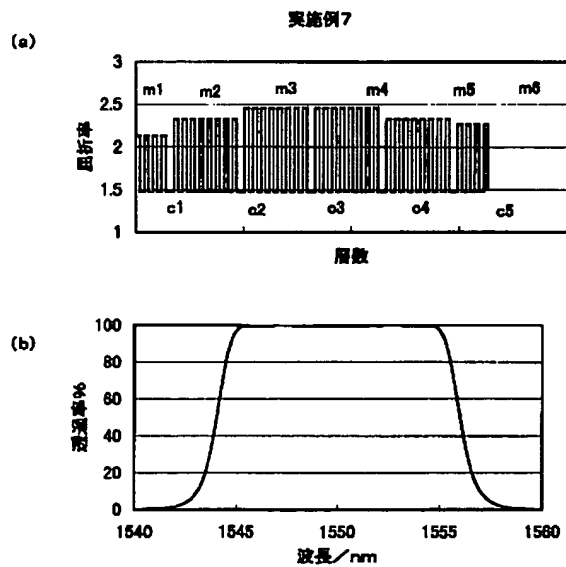
【圖8】



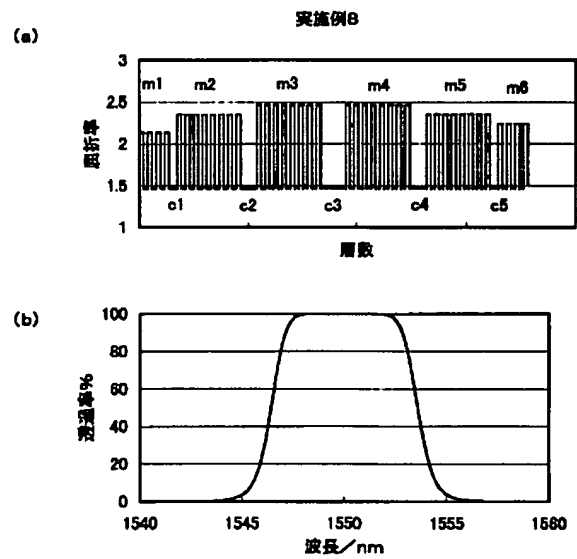
【圖9】



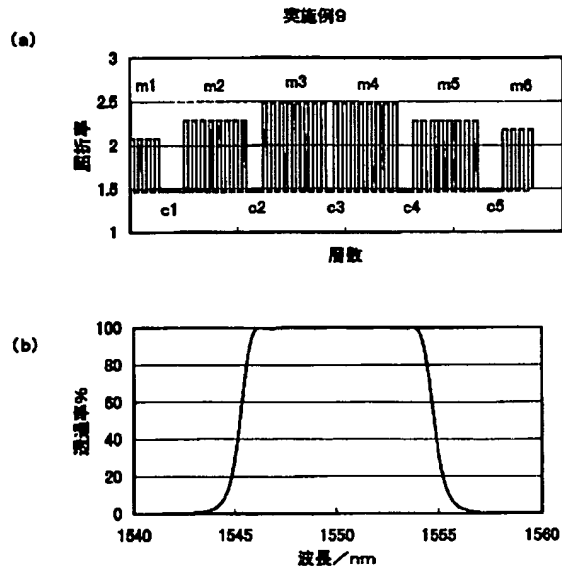
【圖10】



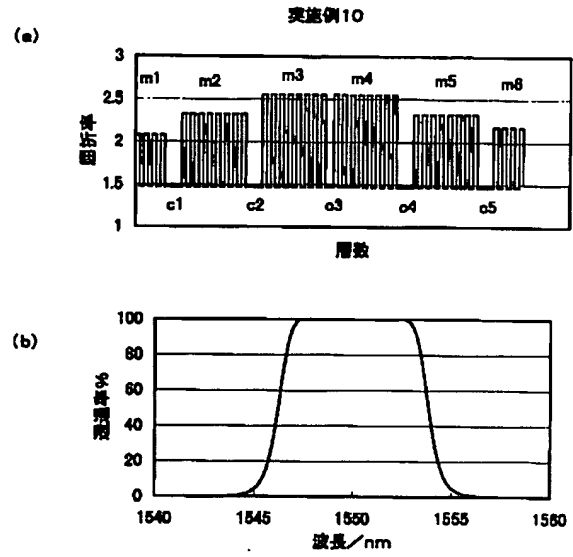
【圖11】



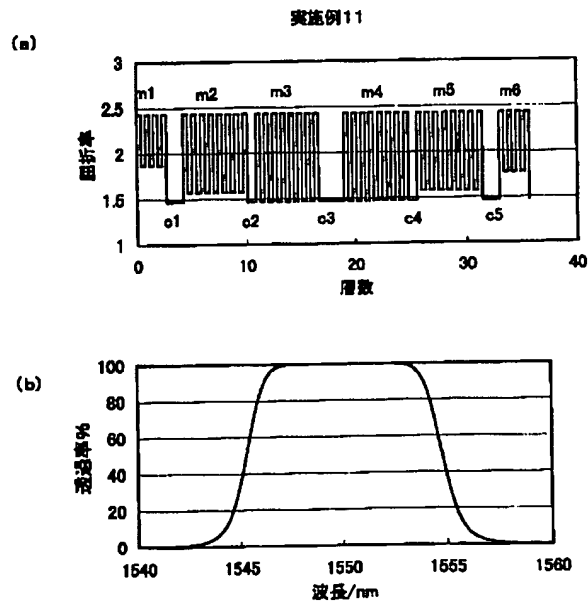
【图12】



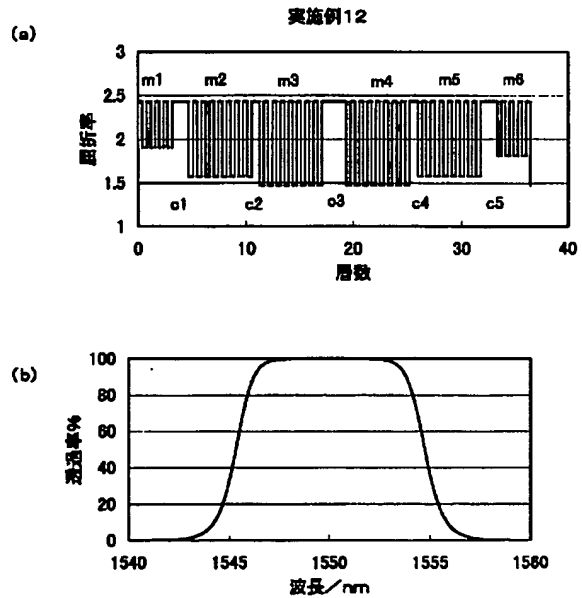
【图13】



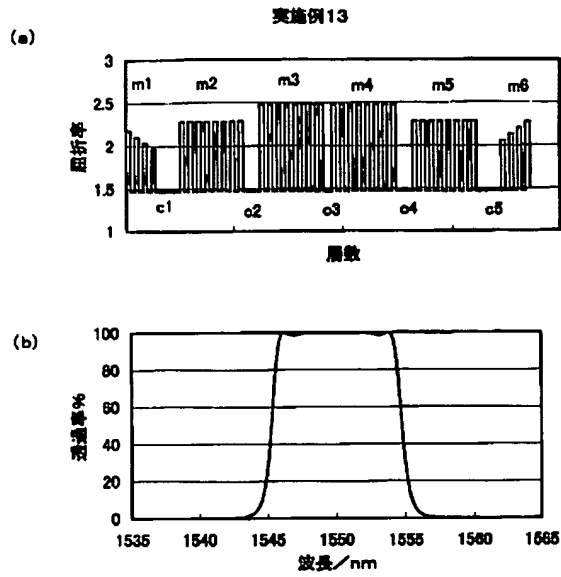
【图14】



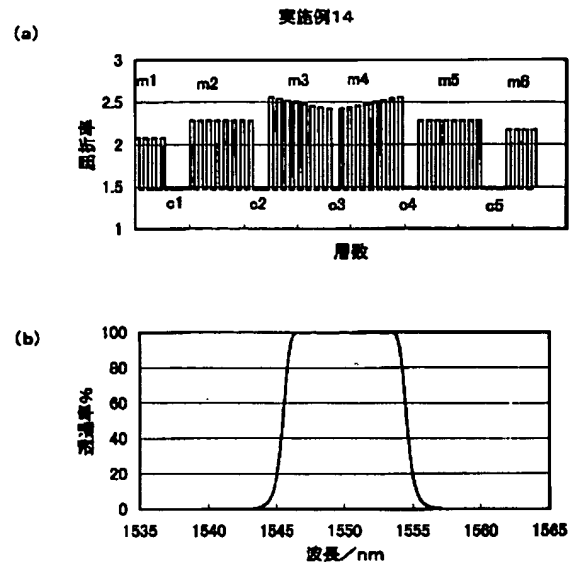
【图15】



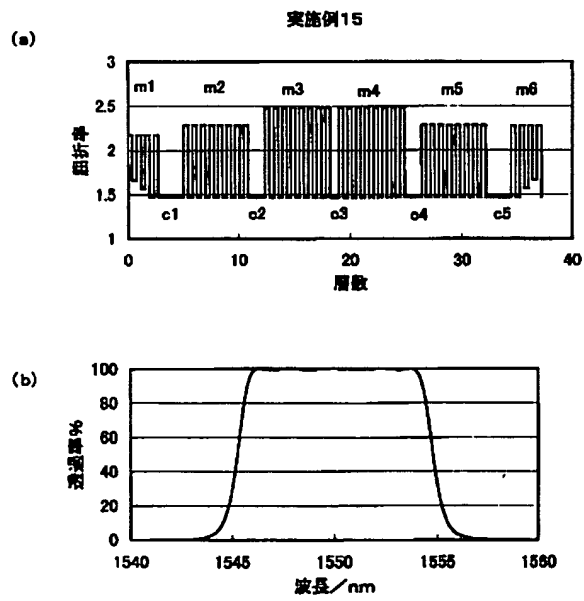
【図16】



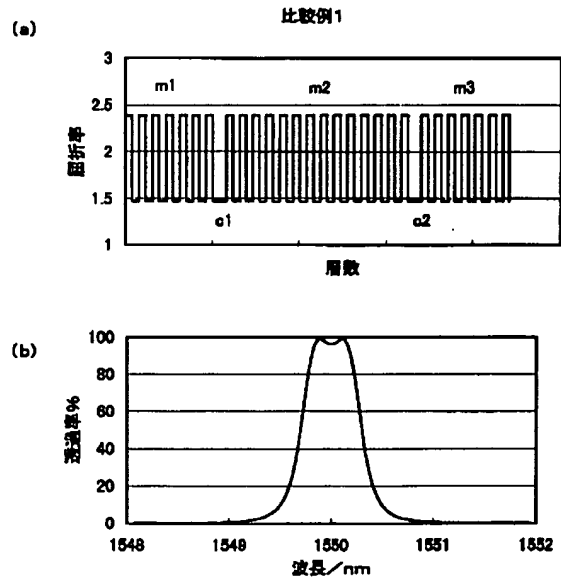
【図17】



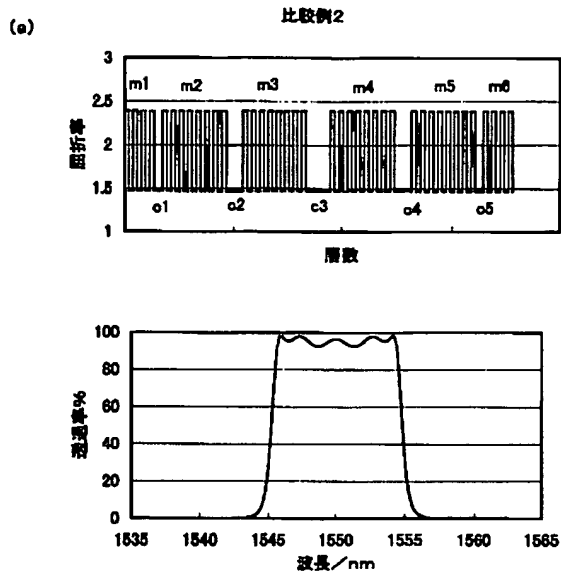
【図18】



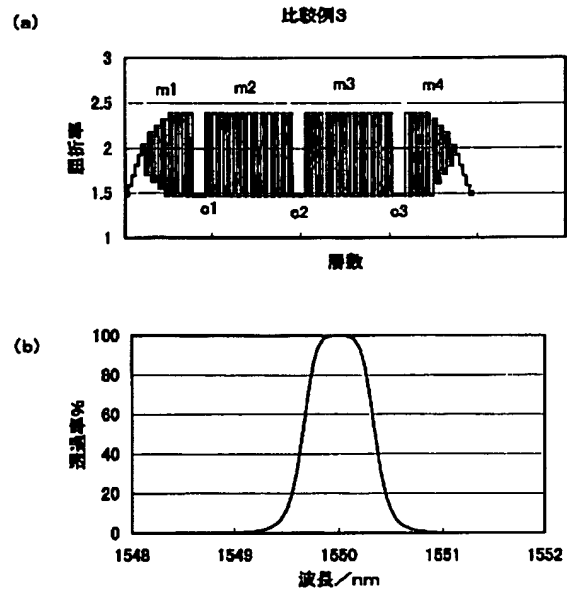
【図19】



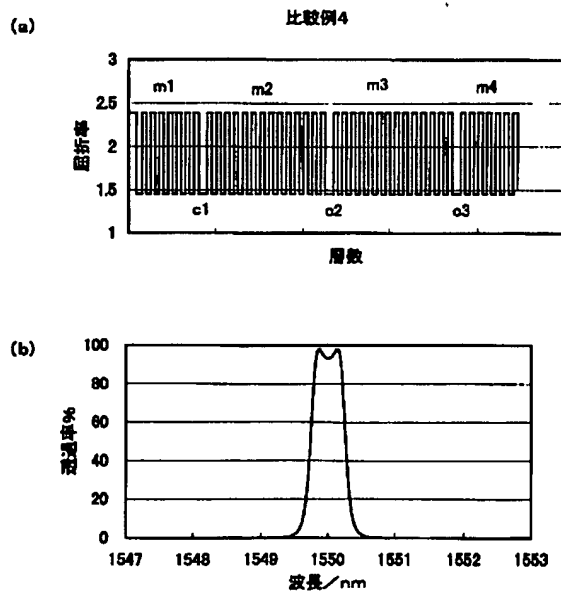
【図20】



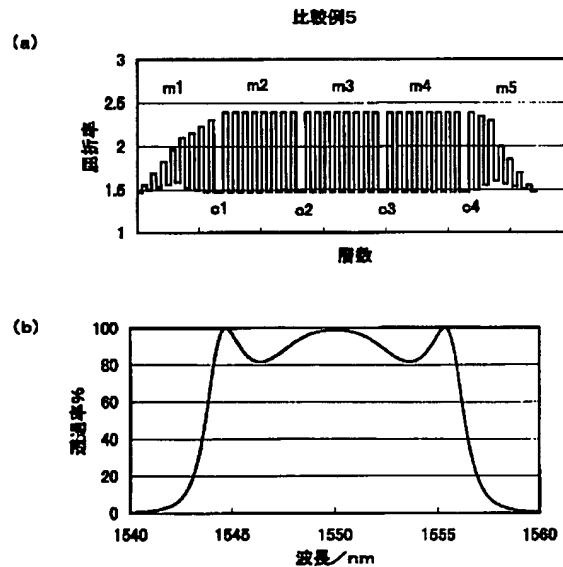
【図21】



【図22】



【図23】



【手続補正書】

【提出日】平成14年1月15日(2002. 1. 15)

【手続補正1】

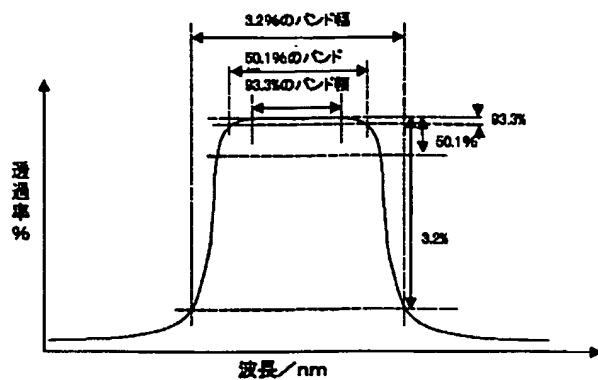
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図3

【補正方法】変更

【補正内容】

【図3】



フロントページの続き

(72)発明者 森 健次

大阪府大阪市中央区北浜4丁目7番28号
日本板硝子株式会社内

(72)発明者 安崎 利明

大阪府大阪市中央区北浜4丁目7番28号
日本板硝子株式会社内

Fターム(参考) 2H048 GA07 GA09 GA13 GA23 GA34
GA51 GA56 GA62